

1584

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse:
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Brekke 23 52 80
Gaustadalleen 46 69 60
Kjeller 71 47 59

Rapportnummer:	8000310
Undernummer:	V
Løpenummer:	1584
Begrenset distribusjon:	Fri

Rapportens tittel: Basisundersøkelse i Ranafjorden. En marin industriresipient. Delrapport V. Bløtbunnfauna. (Overvåkingsrapport 121/84)	Dato: 1. desember 1983
	Prosjektnummer: 8000310
Forfatter(e): Brage Rygg	Faggruppe: Hydroøkologi
	Geografisk område: Nordland
	Antall sider (inkl. bilag): 40

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:

I fjorddypet i hele Nordrana var bløtbunnfaunaen unormalt artsfattig. I nærheten av Mo og omtrent 10 km utover langs fjordsidene var faunaen enda artsfattigere enn i den sentrale og ytre delen av Nordrana. Industriforurensningene bidrar i stor grad til denne utarming av faunaen.

4 emneord, norske: Statlig program
1. Nordrana
2. Industriforurensning
3. Bløtbunnfauna
4. Overvåkingsrapport 121/84
Delrapport V

4 emneord, engelske:
1. Nordrana
2. Industrial pollution
3. Soft bottom fauna
4. Monitoring

Prosjektleder:

Lars A. Kirkerud

Seksjonsleder:

Hans Eide

For administrasjonen:

J. F. Amundsen
Hans Eide

ISBN 82-577-0737-6



Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000310

BASISUNDERSØKELSE I RANAFJORDEN

En marin industriresipient

Delrapport V

Bløtbunnfauna

Oslo, 1. desember 1983

Prosjektleder: Lars Kirkerud

Forfatter : Brage Rygg

For administrasjonen:

J.E. Samdal

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

F o r o r d

Etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) ble en basisundersøkelse av Ranafjorden planlagt og startet i 1980, som ledd i Statlig program for forurensningsovervåking.

Undersøkelsene av bløtbunnfauna i Nordrana er en del av arbeidet med å klarlegge forurensningsvirkningene i fjorden. Ved prøveinnsamlingen ble Nordland distrikthøgskoles forskningsfartøy "Raud den Rame" brukt. Toktleder var Per Bie Wikander. Det meste av dyrematerialet er artsbestemt av Øystein Stokland, Trondheim. En mindre del av materialet er bestemt av Pirkko Rygg og Brage Rygg, NIVA.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	1
KONKLUSJON OG SAMMENDRAG	3
INNLEDNING	4
RESULTATER	6
Likhet i faunaen fra stasjon til stasjon	6
Faunaens artssammensetning	6
Diversitet	11
Log-normalfordeling av individantall blant arter	13
DISKUSJON	14
LITTERATUR	18

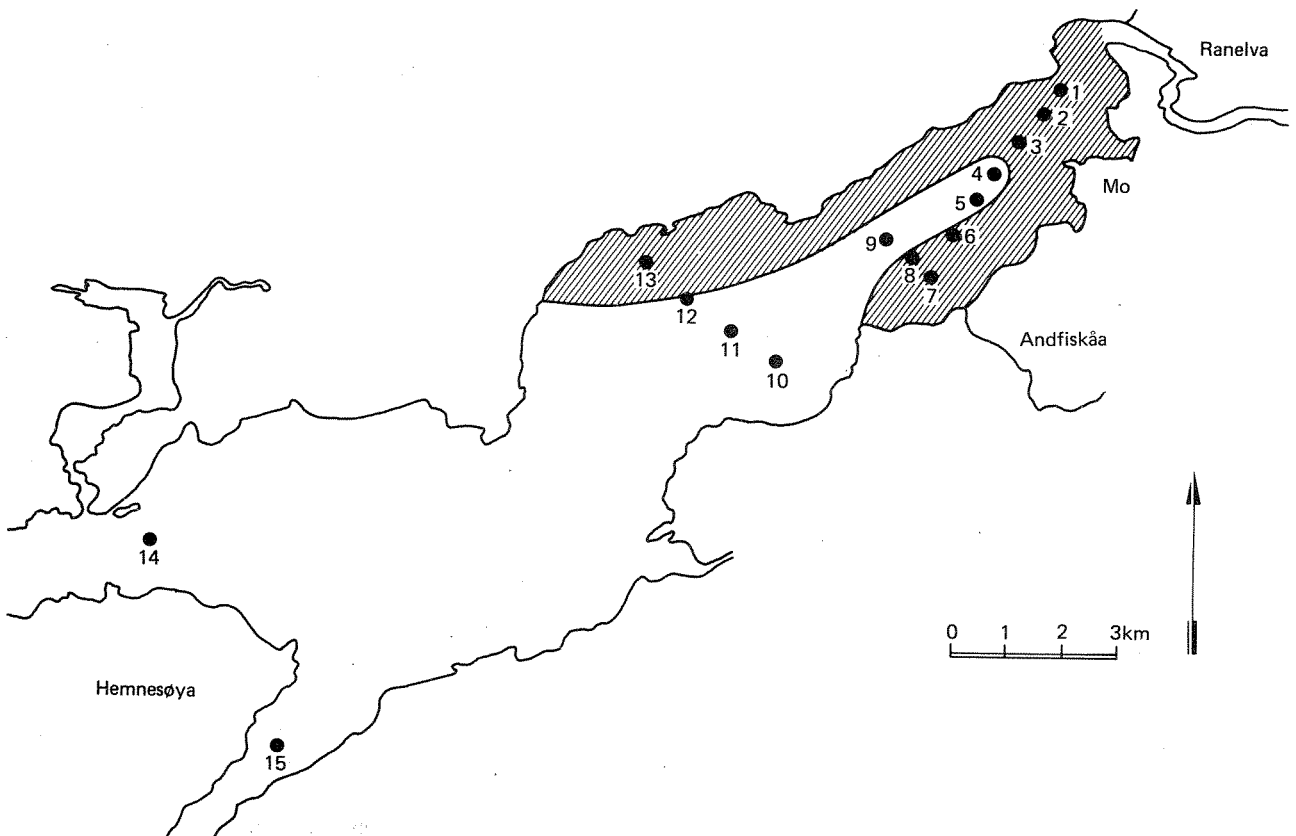
VEDLEGG

STASJONSVALG, INNSAMLING OG BEARBEIDELSE AV PRØVER	21
DATABEARBEIDELSE OG RESULTATER	21
Stasjonsbeskrivelser	21
Artssammensetning og individantall i prøvene	24
Likhet i faunasammensetningen fra stasjon til stasjon	24
Diversitet	28
Log-normalfordeling av individantall blant artene	29

KONKLUSJON OG SAMMENDRAG

I fjorddypet i hele Nordrana var bløtbunnfaunaen unormalt artsfattig. I nærheten av Mo og omtrent 10 km utover langs fjordsidene var faunaen enda artsfattigere enn i den sentrale og ytre delen av Nordrana. Industriforurensningene bidrar i stor grad til denne utarmingene av bløtbunnfaunaen.

Nordrana omfatter fjordområdet mellom Mo og Hennesøya. Det skraverte området på figuren viser hvor faunaen var fattigst.



Diversiteten (artmangfoldet) i faunaen var lav, særlig på stasjonene 1, 2, 3, 6, 7, 8 og 13. Tilsvarende lav diversitet er funnet i andre områder med betydelig industriforurensning, f.eks. aller innerst i Vefsnfjorden, i Orkdalsfjorden og i indre del av Sørfjorden i Hardanger. I Vefsnfjorden for øvrig, og i en annen nordnorsk fjord, Glomfjord, er bløtbunnfaunaens diversitet mye høyere enn i Nordrana.

I områdene der faunaen var fattigst, var metallkonsentrasjonene i sedimentet høyere enn ellers i fjorden, og sedimenter og rørbyggende dyr var farget brunrøde av partikler fra industriavgang. Det kan derfor konkluderes med at industriforurensningene bidrar til utarming av bløtbunnfaunaen i Nordrana. Men også naturlige årsaker kan delvis bidra til artsfattigdommen. Avstanden fra åpen kyst til Nordrana er lang, og det er et vanlig fenomen at artsantallet avtar innover i lange fjorder.

INNLEDNING

På og i bløtbunnen lever det en mengde smådyr som ernærer seg av det organiske materialet som tilføres fra de overliggende vannmassene. Denne faunaen kan indikere hvordan miljøforholdene er på bunnen. Hvilke arter som fins, artenes innbyrdes mengde og individtettheten bestemmes i stor grad av faktorer som: næringstilgang, sedimentets beskaffenhet, type av sedimenterende organisk materiale, oksygeninnholdet over og under sedimentoverflaten, temperatur, miljøgifter, nedslamming og andre forstyrrelser.

Normale, balanserte samfunn opptrer når stabile, naturgitte betingelser rå, og fysiske og kjemiske faktorer (f.eks. oksygenkonsentrasjon, saltholdighet, grumsing) ikke er ekstreme. Forurensningspåvirkninger og andre forstyrrelser med kort tidsskala kan føre til avvikende arts- og individsammensetning i faunasamfunnet. Fordi marine bløtbunnsamfunn normalt er artsrike og likeartede over store områder, er det lett å oppdage uregelmessigheter i dem. Derfor er de velegnet som indikatorsamfunn ved bedømmelse av forurensningstype og -grad.

Undersøkelsene av bløtbunnfauna i Nordrana er en del av basisundersøkelsen som skal klarlegge forurensningsvirkningene i fjorden.

Utslippene fra de største industribedriftene, Jernverket, Koksverket, Rana Gruber og Bergverksselskapet Nord-Norge, er beskrevet av Tryland (1983).

RESULTATER

Likhet i faunaen fra stasjon til stasjon

Tydelige forskjeller i faunaen innenfor et fjordområde kan tyde på ulike miljøforhold eller lokal forurensning. Omvendt tyder en ensartet fauna på jevne forhold i hele området.

I Nordrana fantes tre grupper av stasjoner med høy innbyrdes likhet i faunaen. Stasjonene som ikke hørte til samme gruppe hadde lavere innbyrdes likhet enn stasjonene innenfor gruppene. Et forenklet kart med utbredelsen av de tre gruppene er vist på figur 1. Det var en viss overlapping av gruppene, men av hensyn til klarheten i figuren er overlappingene ikke vist der.

Grupperingene er gjort på grunnlag av utregninger av likhetsindekser for alle par av stasjoner. Indeksverdiene er vist i et trellisdiagram (figur 2). Ved total likhet er indeksen lik 100. Ved total ulikhet er den lik 0. Høy innbyrdes likhet er i dette tilfellet definert ved en indeksverdi på 55 eller høyere. Stasjonsparene ble sortert slik at indeksene med høy verdi samlet seg i grupper innenfor trekanten. I diagrammet framtrer tre hovedgrupper som er grunnlaget for figur 1. Det framgår at det var en viss overlapping mellom gruppene. Dette er skjematisk framstilt på figur 2, nederst. Full regelmessighet var det ikke. I gruppe I hadde stasjonene 1 og 3 lav likhet. Stasjon 10 lot seg ikke gruppere, men hadde mest likhet med stasjonene 6, 8 og 11. I Vedlegg (s. 24) er det redegjort for hvordan likhetsindeksen er reknet ut.

Til tross for at de tre gruppene var tydelige, var forskjellen mellom dem ikke store. Det var således en viss ensartethet i faunaen over hele Nordrana.

Faunaens artssammensetning

Hvilke arter som er de vanligste på en lokalitet er blant annet avhengig av miljøforholdene. Tabell 1 viser de vanligste artenes individantall i prøvene. Rangering av de vanligste artene innenfor hver stasjon med hensyn til individantall er gjort i tabell 2.

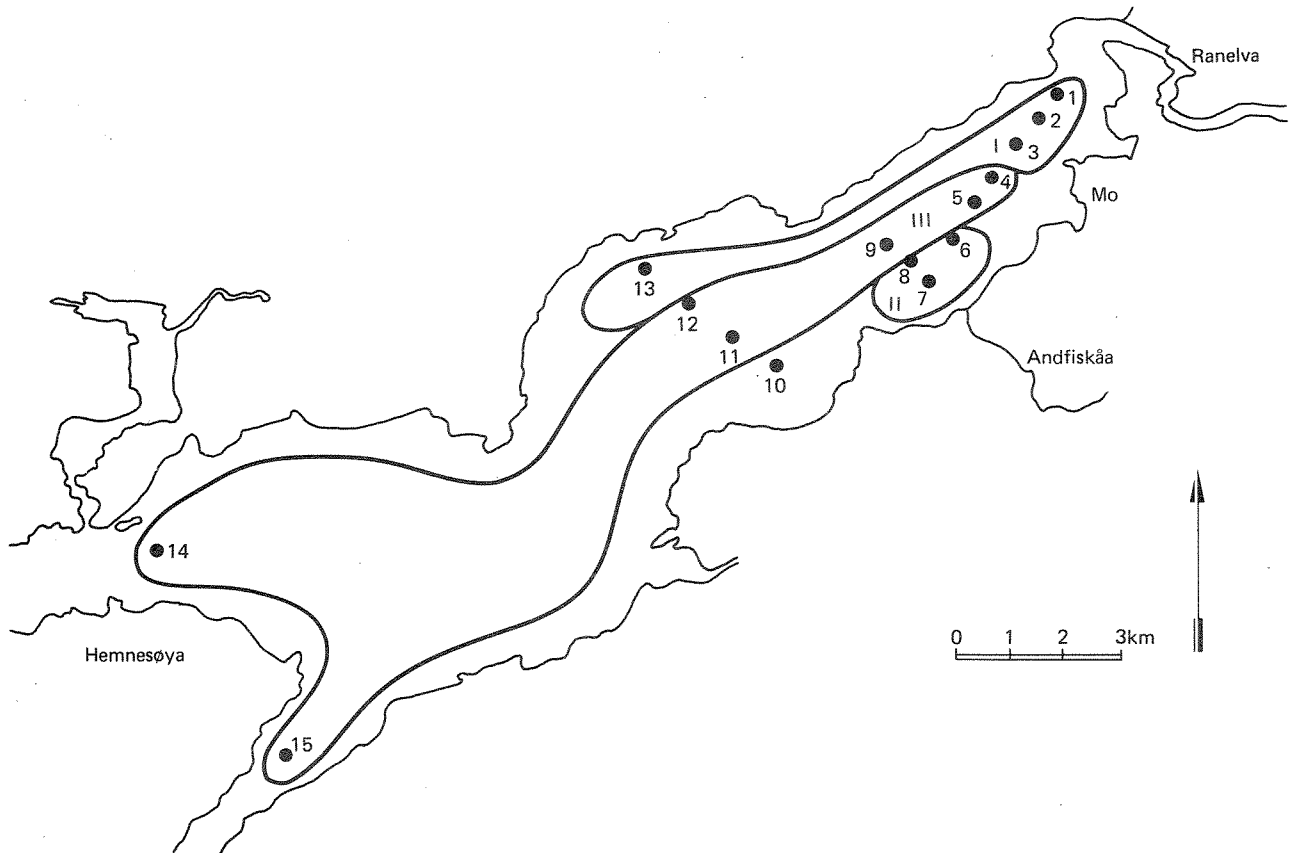


Fig. 1. Kart over Nordrana, med plassering av bløtbunnfaunastasjonene og gruppering (I, II, III) av stasjonene med høy innbyrdes likhet i faunaens artssammensetning.

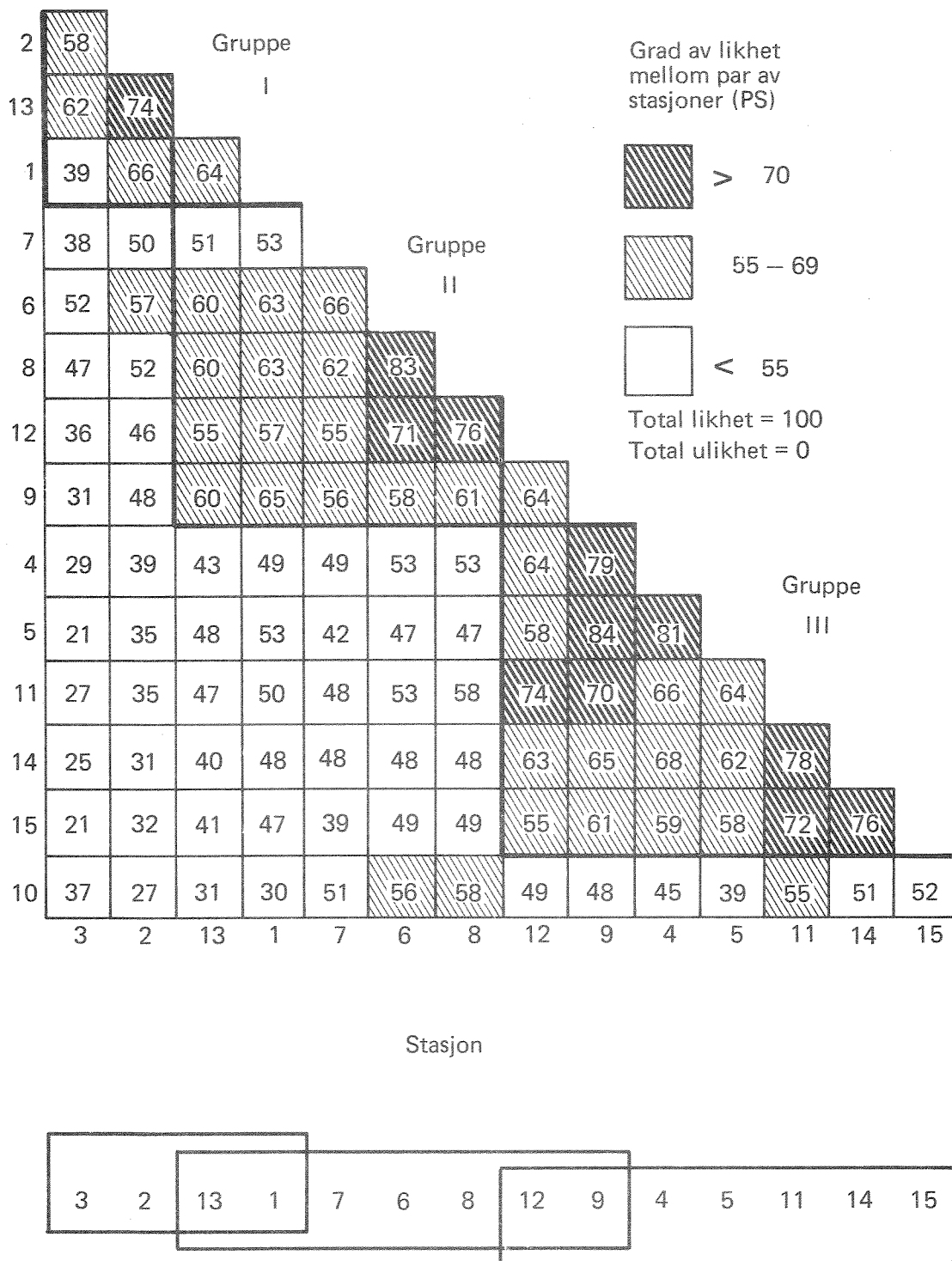


Fig. 2. Grad av likhet mellom alle par av stasjoner. Det framtrer tre hovedgrupper av stasjoner med høy innbyrdes likhet. De er markert med tykke streker og viser en viss overlapping. Den er skjematisk framstilt nederst.

Tabell 1. De vanligste artene i Nordrana. Arter som det ble funnet flere enn 10 individer av på minst én av stasjonene.

	S t a s j o n															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Edwardia andresi	A	125	7	1	6	2	31	13	18	4	4	1	4	1	0	0
Paraedwardsia arenaria	A	0	0	0	0	0	0	0	70	0	3	5	4	0	0	0
Paramphinome jeffreysii	B	7	1	0	4	2	52	4	57	7	5	21	15	1	42	19
Leanira tetragona	B	1	0	1	3	1	18	0	36	1	2	5	7	0	7	7
Ceratocephale loveni	B	0	0	0	5	1	0	0	0	1	0	3	0	0	16	2
Lumbrineris sp.	B	13	0	0	16	9	0	0	2	8	0	2	1	0	5	5
Scoloplos armiger	B	50	0	0	0	18	0	0	0	12	0	2	0	2	4	4
Paraonis gracilis	B	17	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Prionospio cirrifera	B	70	1	0	35	21	3	3	9	16	0	31	62	1	162	3
Chaetozone setosa	B	315	29	32	5	2	292	4	525	25	10	128	279	70	85	4
Cossura longocirrata	B	103	1	0	0	1	121	0	44	1	0	0	10	1	0	0
Pseudoscalibregma parvum	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	12	0	2	2
Polyphysia crassa	B	1	0	0	2	3	0	0	0	2	40	8	0	0	35	13
Heteromastus filiformis	B	170	6	0	2	1	7	2	10	3	0	14	9	2	84	61
Myriochele sp.	B	23	5	0	55	32	3	0	2	32	0	9	4	2	0	4
Euchone sp.	B	18	0	0	0	0	1	0	7	0	0	0	3	0	0	1
Eriopisa elongata	K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	3	17
Yoldiella fraterna	M	0	0	0	2	5	0	0	0	3	1	11	0	0	6	2
Thyasira sarsi	M	86	25	5	1	1	47	3	153	2	0	0	1	13	0	0
Thyasira equalis	M	2	0	1	62	85	691	117	1384	60	44	109	158	2	161	34
Thyasira ferruginea	M	0	0	0	4	6	1	0	0	0	3	8	0	0	22	1

A = sjøanemoner, B = børstemark, K = krepsdyr, M = muslinger

På stasjonene i gruppe I (1, 2, 3 og 13) dominerte børstemarken *Chaetozone setosa* og muslingen *Thyasira sarsi*. Disse artene er kjent for å kunne opp-tre tallrikt i moderat forurensete områder. *Chaetozone setosa* kan imidlertid være vanlig i uforurensete områder også. Muslingen *Thyasira equalis* manglet nesten helt på stasjonene i gruppe I, men var, sammen med *Chaetozone setosa*, den dominerende art ellers i Nordrana. Karakteristisk for stasjon 1 var de høye antallene av anthozoen *Edwardsia andresi* og børstemarkene *Heteromastus filiformis* og *Cossura longocirrata*.

På stasjonene i gruppe II dominerte *Thyasira equalis* (stasjonene 6, 7 og 8) og *Chaetozone setosa* (6 og 8). Andre karakteristiske arter i denne gruppen av stasjoner var anthozoene *Edwardsia andresi* (6, 7 og 8) og *Paraedwardsia arenaria* (8), muslingen *Thyasira sarsi*, og børstemarkene *Paramphinome jeffreysii* og *Cossura longocirrata*.

Stasjonene i gruppe III var dominert av *Thyasira equalis* og *Chaetozone setosa*, mens *Thyasira sarsi* nesten helt manglet. Børstemarken *Prionospio cirrifera* var tredje eller fjerde vanligste art på de fleste av stasjonene i denne gruppen. På stasjonene 4, 5 og 9 var børstemarken *Myriochele* sp. nest vanligste art.

Diversitet

Diversiteten er et mål for variasjonen (mangfoldet) i organismesamfunnet. Diversiteten beregnes på grunnlag av forholdet mellom individantallet og artsantallet, og de innbyrdes forhold mellom artenes individantall (jevnheten). Det fins flere forskjellige måter å uttrykke diversitet på. De er nærmere omtalt i Vedlegg (s. 28). I det følgende presenteres resultatene av diversitetsberegninger etter en metode av Hurlbert (1971). Diversiteten er definert som artsantall som funksjon av individantall, og framstår som en kurve. Høyt artsantall i forhold til individantall betyr høy diversitet. Dette gir brattere kurve enn lav diversitet.

Med unntak for stasjon 15 i Finneidfjord, var diversiteten lav i fjorddypet i hele Nordrana (figur 3). Lavest diversitet hadde stasjonene innerst ved Mo og omtrent 10 km utover langs fjordsidene (stasjonsgruppene I og II, figur 1). Tilsvarende lav diversitet er tidligere funnet i områder med

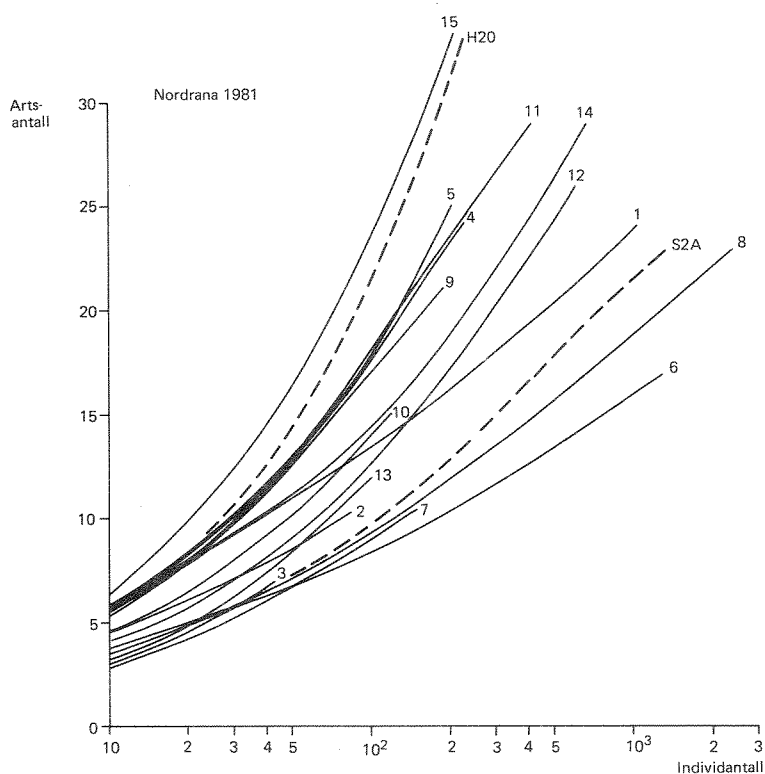


Fig. 3. Diversitetskurver (artsantall som funksjon av individantall) for stasjonene i Nordrana. Den stiplete kurven H20 viser diversiteten på en stasjon i Singlefjorden, og er representativ for det en normalt finner i lite til moderat påvirkete fjordområder. Den stiplete kurven SA2 viser diversiteten på en stasjon i indre Sørfjorden, Hardanger. Diversiteten der er lav og er representativ for områder med sterk industriforurensning. Se også figurene 6-9 i Vedlegg.

betydelig industriforurensning, f.eks. aller innerst i Vefsnfjorden, i Orkdalsfjorden, og i indre del av Sørfjorden i Hardanger. I Vefsnfjorden for øvrig, og i en annen nordnorsk fjord, Glomfjord, var bløtbunnfaunaens diversitet høyere enn i Nordrana (Rygg, upublisert) (se figurene 6-9 i Vedlegg).

Log-normalfordeling av individantall blant arter

På mange av stasjonene i Nordrana var materialet i knappeste laget for denne typen statistisk analyse. Resultatene støtter likevel inntrykket av at faunaen var mest påvirket innerst ved Mo og utover langs fjordens sider. En blanding av to faunasamfunn syntes å opptre på stasjonene 12 og 13. Resultatene er vist i sin helhet i Vedlegg (figurene 10-15). I Vedlegg (s. 29, 33) er det også gitt en nærmere diskusjon og beskrivelse av denne statistiske metoden.

DISKUSJON

Utbredelsen av arter i Nordrana og resultatene fra den statistiske behandlingen av dataene viste at den mest påvirkete og utarmete faunaen fantes innerst i fjorden og et stykke utover langs fjordens sider. Det skraverte partiet på figur 4 angir det området der faunaen var mer utarmet enn i fjorden for øvrig. Angivelsen er omtrentlig og bygger på en samlet vurdering av datamaterialet. Det skraverte partiet omfatter faunagruppene I og II, representert ved stasjonene 1, 2, 3, 13 og 6, 7, 8 (figurene 1 og 2). En noe rikere fauna fantes ellers i fjorden (faunagruppe III). Forskjellene var imidlertid ikke store, og faunaen i hele Nordrana må betegnes som fattig.

I områdene der faunaen var fattigst (figur 4) var sedimenter og rørbyggende dyr farget brunrøde av partikler fra industriavgang (se Vedlegg s.24) og metallkonsentrasjonene i sedimentet var høyere enn ellers i fjorden (figur 5). Det kan derfor konkluderes med at industriforurensningene bidrar til utarming av bløtbunnfaunaen i Nordrana. Mest sannsynlig er det fysiske forandringer i substratet og giftvirkninger som påvirker faunaen. Det var ingen indikasjoner på organisk belastning eller oksygenmangel.

Næs og Skei (1983) viste at vannmassene i nærområdet til Andfiskå (Bergverkselskapet Nord-Norges oppredningsverk) var forurenset med sink og bly og til dels kadmium. Fordeling og sammensetning av det partikulære materialet i vannmassene i Nordrana var sterkt påvirket av utslipp fra Jernverket og Bergverksselskapet Nord-Norge. Høye konsentrasjoner av jern, mangan og fosfor ved midlere dyp innerst i fjorden skyldtes Jernverkets dypvannutslipp (hematitt, apatitt). Store mengder partikulært svovel, sink, bly og til dels jern nær Andfiskå skyldtes utslipp av avgang fra Bergverkselskapet Nord-Norge. Forhøyede konsentrasjoner av partikkelbundet jern i overflatevannet i hele Ranafjorden var utvilsomt forårsaket av partikler i Jernverkets hovedkloakk. I tillegg bør nevnes et eldre deponi av gruveavgang ved Båsmoen innerst i Nordrana. Deponiet gir sterkt surt og metallholdig sigevann.

Men også naturlige årsaker kan delvis bidra til artsfattigdommen. Avstanden fra åpen kyst til Nordrana er lang, og det er et vanlig fenomen at artsantallet avtar innover i lange fjorder.

Det foreliggende datamaterialet gir ikke et fullstendig svar på hvilken relativ betydning industriforurensningene har for faunaen. Det er imidlertid usannsynlig at faunaen i noen del av fjorddypet i Nordrana er så fattig bare på grunn av naturgitte betingelser. Etter som diversiteten i både indre, sentrale og ytre Nordrana var lavere enn i sammenlignbare områder som f.eks. Vefsnfjorden og Glomfjorden, er det sannsynlig at hele Nordrana er forurensningspåvirket. Forskjellene mellom indre og ytre Nordrana kan representere en gradient i forurensningsvirkningene innenfor et større influensområde. Dette kan avklares ved å undersøke faunaen også lenger ute i fjordsystemet, mellom Nordrana og kysten og i Elsfjorden/Sørfjorden. En slik undersøkelse vil også kunne avklare betydningen av industriforurensningene i forhold til naturlige faktorer.

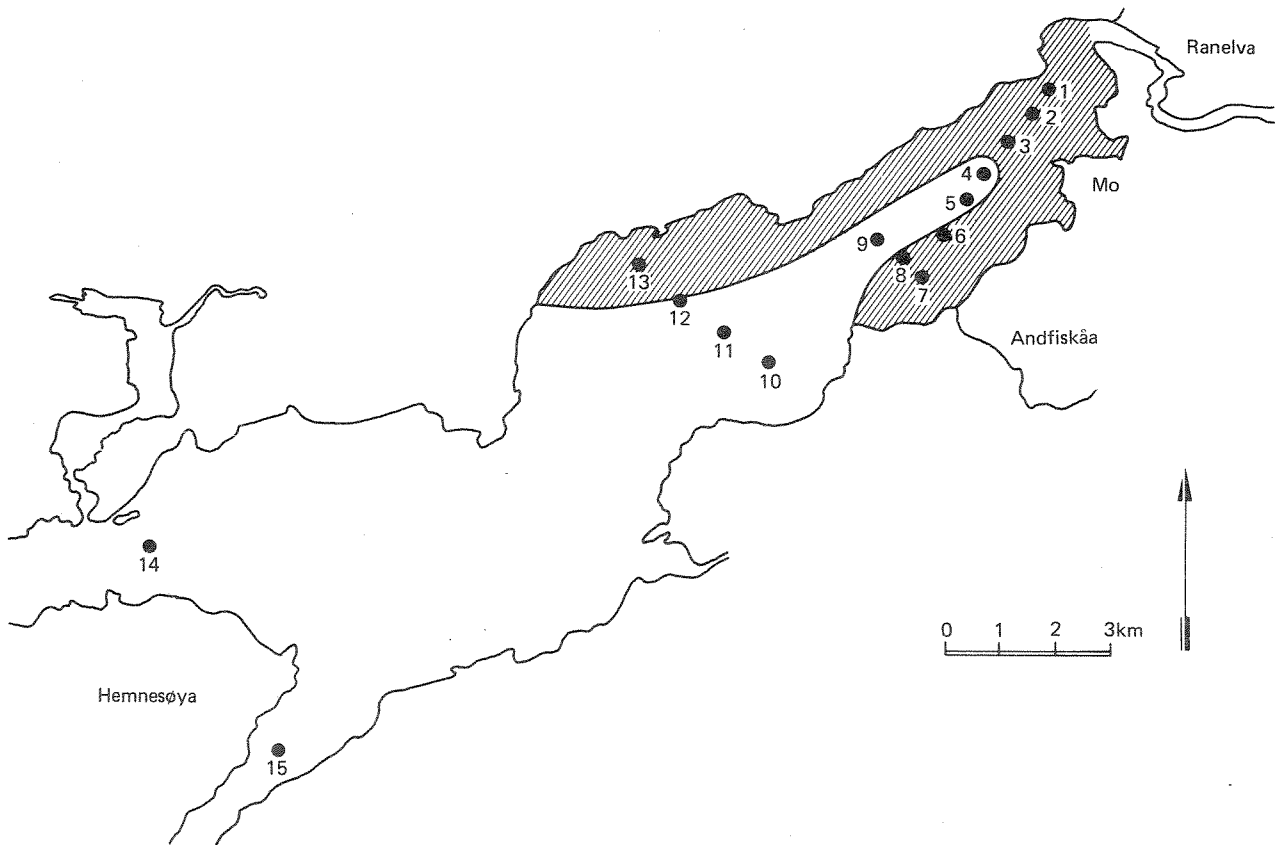
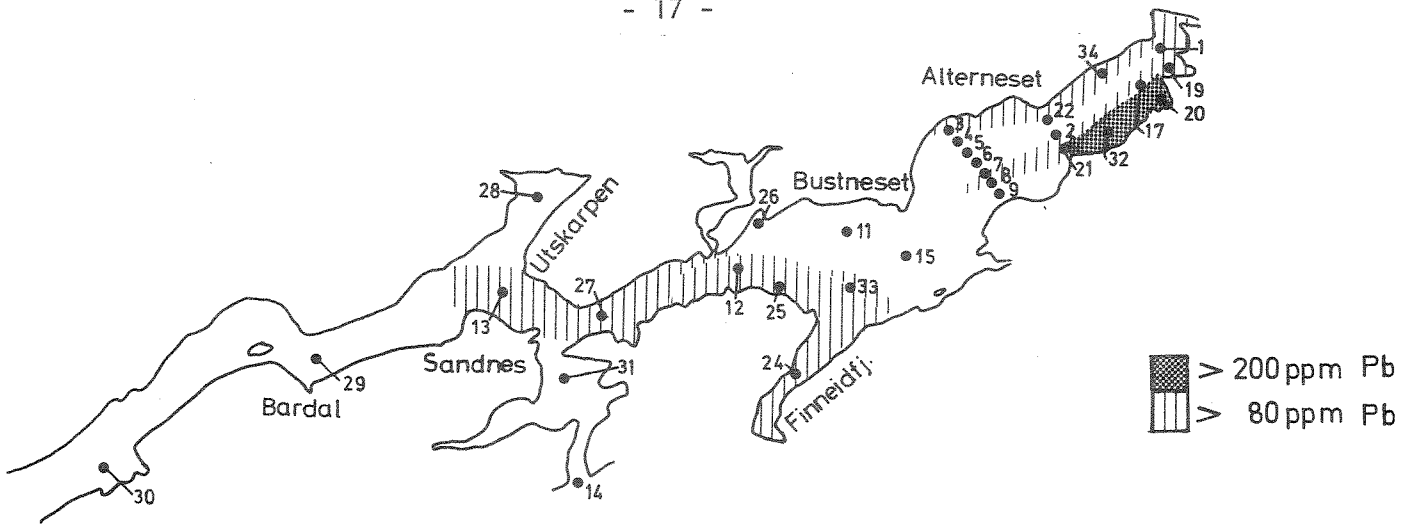
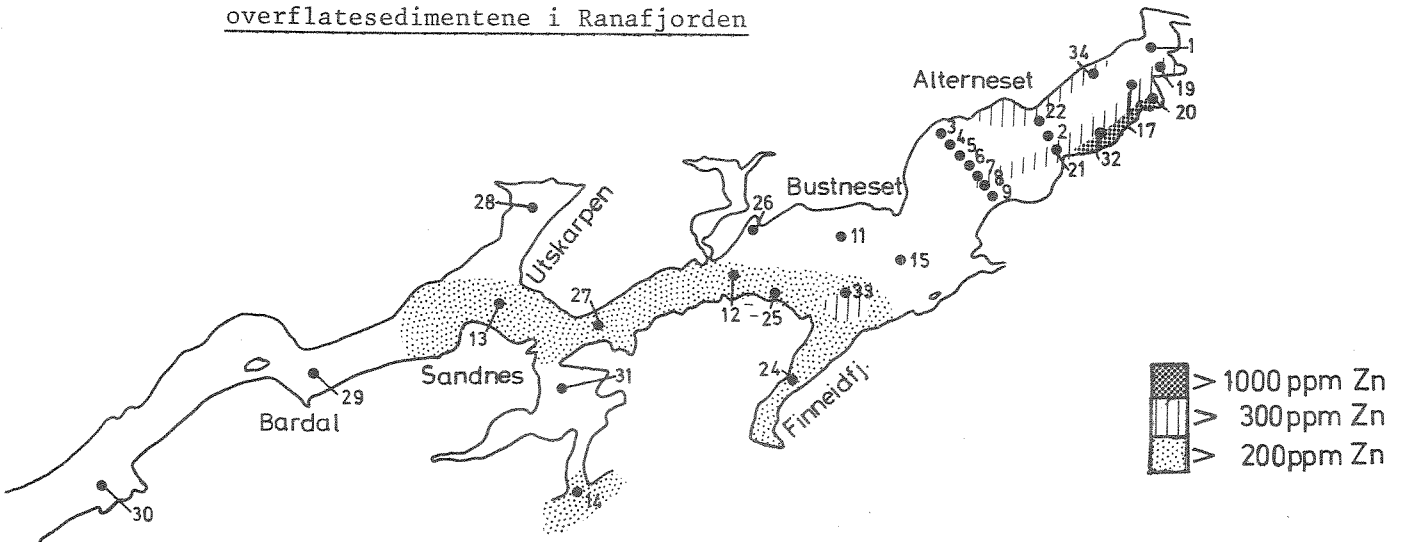


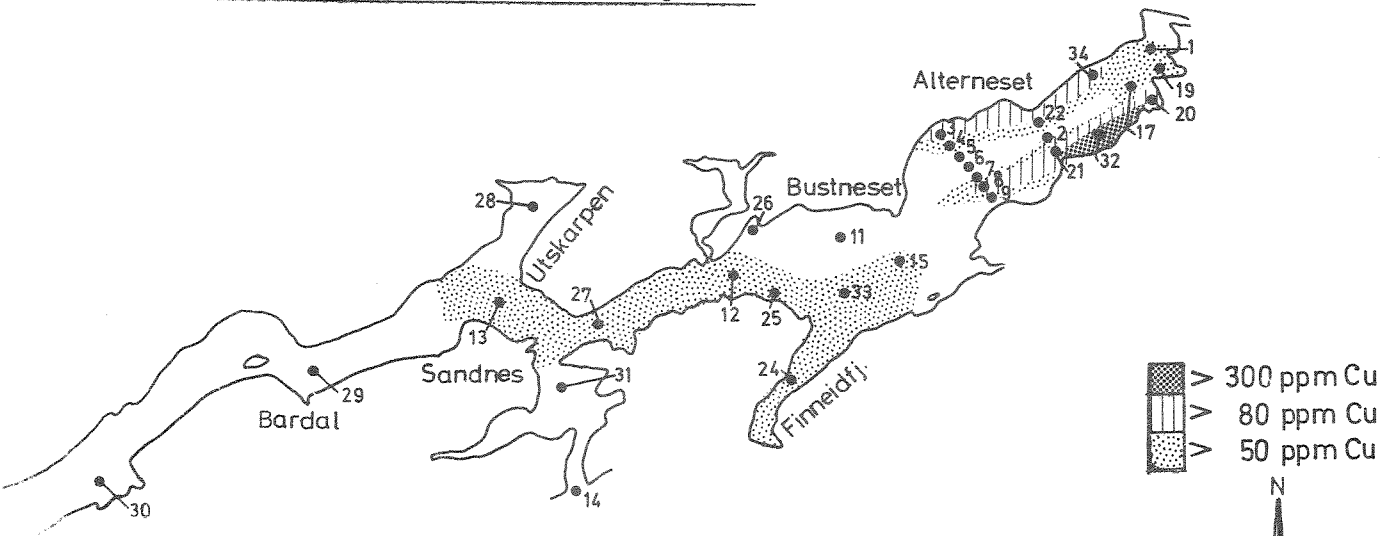
Fig. 4. Helhetsvurdering av bløtbunnfaunaen i Nordrana. Det skraverte partiet angir omtrentlig det området der faunaen var mer utarmet enn i fjorden for øvrig.



Fordelingen av bly (Pb) i overflatesedimentene i Ranafjorden

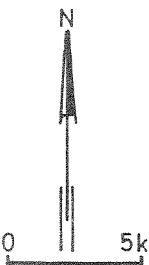


Fordelingen av sink (Zn) i overflatesedimentene i Ranafjorden



Fordelingen av kopper (Cu) i overflatesedimentene i Ranafjorden

Fig. 5. Fordeling av tungmetallene bly (Pb), sink (Zn) og kopper (Cu) i overflatesedimentene i Rana (Kirkerud et al. 1977).



LITTERATUR

- Gray, J.S., Mirza, F.B., 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. Mar. Pollut. Bull. 20: 142-146.
- Hurlbert, S.N., 1971. The non-concept of species diversity. Ecology 53: 577-586.
- Kirkerud, L.A., Bokn, T., Knutzen, J., Kvalvågnes, K., Magnusson, J. og Skei, J.M., 1977. Resipientundersøkelse i Ranafjorden. Rapport nr. 2. Innledende hydrografiske, geokjemiske og biologiske undersøkelser. Norsk institutt for vannforskning. 0-31/75, 141 s.
- Næs, K. & Skei, J.M., 1983. Basisundersøkelse i Ranafjorden. En marin industriresipient. Delrapport III. Løste metaller og partikler i vannmassen. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapp. 67/83, 49 s. SFT/NIVA, Oslo.
- Renkonen, O. 1938. Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. An Zool. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo 6:1-231.
- Rygg, B., 1983. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Bløtbunnsfauna 1980. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapp. 69/83, 34 s. SFT/NIVA, Oslo.
- Sanders, H.L. 1968. Marine benthic diversity: A comparative study. Am. Nat. 102: 243-280.
- Shannon, C.E. & Weaver, W., 1963. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, 117 pp.
- Tryland, O., 1983. Basisundersøkelse i Ranafjorden. En marin industriresipient. Delrapport I. Undersøkelse av utslipp fra Jernverket, Koksverket, Rana Gruber og Bergverksselskapet Nord-Norge i oktober 1980 og juni 1981. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapp. 63/82, 71 s. SFT/NIVA, Oslo.

V E D L E G G

STASJONSVALG, INNSAMLING OG BEARBEIDELSE AV PRØVER

Prøver for studier av bløtbunndyr ble samlet inn i januar 1981 med en 0,1 m² bunngrabb (Petersengrabb). På hver av de 15 stasjonene (figur 1) ble det tatt fire parallelle prøver. Grabben er et kvantitativt redskap som muliggjør en relativt nøyaktig bestemmelse av individtettheten av de fleste bunndyrarter. Det totale bunnareal som grabbprøvene dekker er imidlertid forholdsvis lite, selv om flere parallellprøver tas. Arter med lav individtetthet vil derfor ofte ikke komme med i prøvene. Lette og bevegelige dyr vil dessuten kunne bli blåst til side eller flykte før grabben griper i bunnen. Grabb er derfor best egnet til innsamling av dyr med høy individtetthet (flere enn ca. 5 pr. kvadratmeter) og fysisk tilknytning til sedimentet. Materialet vil likevel være tilstrekkelig omfattende til å gi en brukbar indikasjon på miljøforholdene.

Grabbprøvene ble vasket gjennom siler med 1 mm hullstørrelse for å fjerne finfraksjonene av sedimentet (leire, silt, sand og organisk detritus). Det resterende materialet ble konserverert og senere gjennomgått på laboratoriet, hvor organismene ble sortert fra det øvrige materialet, artsbestemt og tallet.

Før den statistiske bearbeidelsen ble resultatene fra alle parallellprøvene på hver stasjon slått sammen.

DATABEARBEIDELSE OG RESULTATER

Stasjonsbeskrivelser

Fyllingsgraden i grabben kunne variere en del. På stasjon 3, fjerde replikat, var fyllingsgraden så liten at prøven ikke gav noen sikterest til fiksering.

Visuelt vurdert bar ikke sedimentet på noen av stasjonene preg av høy organisk belastning. Et meget karakteristisk trekk ved sedimentet i indre del av Nordrana var imidlertid det tydelige preget av avgangsutslipp fra oppredningsverkene. Avgangspartikler i siltfraksjonen farget fjordsedimentet brunrødt helt ut til Andfiskå. Først utenfor stasjonene 7, 8 og 9 antok fjordsedimentet den karakter som er vanlig i våre fjorder (tabell 3).

Tabell 3. Oversikt over grabbprøvene, sedimentkarakteristikk, fyllingsgrad og midlere dyp.

Prøvenr.	Sedimentkarakteristikk	Fyll.grad	Midl.dyp
R-1-I	Grov mineralsand (avgang)	1/1	
R-1-II	Fin sand, silt, avgang	1/2	142 m
R-1-III	"	1/1	
R-1-IV	"	1/1	
R-2-I	Grov mineralsand (avgang)	1/2	
R-2-II	Fin sand, silt, avgang	3/4	
R-2-III	"	3/4	175 m
R-2-IV	"	3/4	
R-3-I	Grov mineralsand (avgang)	1/8	
R-3-II	Fin sand, silt, avgang	1/2	218,5 m
R-3-III	"	1/4	
R-3-IV	Fin sand, silt, avgang Grov mineralsand	1/8	
R-4-I	Fin sand, silt, avgang	1/4	
R-4-II	"	1/4	
R-4-III	"	1/4	238 m
R-4-IV	"	1/4	
R-5-I	Fin sand, silt, avgang	1/4	
R-5-II	Fin sand, lite avgang	1/4	252 m
R-5-III	"	1/4	
R-5-IV	"	1/4	
R-6-I	Fin sand, lite avgang	1/2	
R-6-II	Fin sand, silt, lite avgang	1/2	320,5 m
R-6-III	"	1/8	
R-6-IV	Fin sand, lite avgang	1/2	
R-7-I	Fin sand	1/4	
R-7-II	"	1/4	323,5 m
R-7-III	"	1/4	
R-7-IV	"	3/4	

Tabell 3. forts.

R-8-I	Fin sand, silt, avgang	1/4	
R-8-II	"	3/4	321 m
R-8-III	"	1/2	
R-8-IV	"	3/4	
R-9-I	Fin sand, silt, avgang	3/4	
R-9-II	"	3/4	284,5 m
R-9-III	"	3/4	
R-9-IV	"	1/2	
R-10-I	Silt, gråbrun til grå	3/4	
R-10-II	"	1/1	339 m
R-10-III	"	1/1	
R-10-IV	"	1/1	
R-11-I	Silt, leire, mørk grå	1/4	
R-11-II	"	1/2	439 m
R-11-III	"	1/2	
R-11-IV	"	1/2	
R-12-I	Grå, fin sand, silt, leire	1/2	
R-12-II	"	1/4	445 m
R-12-III	"	1/8	
R-12-IV	"	1/8	
R-13-I	Grå, fin sand, silt, leire	1/4	
R-13-II	"	1/8	
R-13-III	Grov mineralsand	1/8	455 m
R-13-IV	Fin "	1/8	
R-14-I	Grå silt, leire	3/4	
R-14-II	"	1/1	539 m
R-14-III	"	3/4	
R-14-IV	"	3/4	
R-15-I	Grå fin sand, silt	3/4	
R-15-II	"	3/4	229 m
R-15-III	"	1/1	
R-15-IV	"	1/1	

Rør og avleiringer på huden av noen av organismene hadde tydelig rødbrun farge på de fleste stasjonene. En må anta at denne fargingen av dyra, så vel som av sedimentet, var forårsaket av industriavgangen. På stasjonene 1-9 var fargingen tydelig hos børstemarken *Myriochele* sp. og anthozoen *Edwardisia andresi*. Børstemarken *Owenia fusiformis* hadde også rødbrunt rør der den fantes på disse stasjonene. De to førstnevnte organismene og dessuten børstemarken *Euchone* sp. med røret i behold, hadde rødbrun farge på stasjonene 12 og 13. På stasjonene 10 og 11 hadde dyra derimot vanlig grå farge. På stasjon 15 var det røde korn i rørene hos *Myriochele* sp., mens røret hos det ene individet av *Maldane sarsi* var grått. På stasjon 14 såes ingen antydning til rødbrun farge.

Artssammensetning og individantall i prøvene

De komplette faunistiske data fra innsamlingen er sammenstilt i tabell 4. For å få et best mulig grunnlag for tolkningen av resultatene, er flere ulike behandlingsmåter for dataene benyttet.

Likhet i faunasammensetningen fra stasjon til stasjon

Tydelige forskjeller i faunaen innenfor et område kan tyde på lokal forurensning eller annen påvirkning. Omvendt tyder en ensartet fauna på jevne miljøforhold.

Det er beregnet likhetsindekser for alle par av stasjoner (a, b). Indeksen (PS) er lik summen av artenes (1 til S) prosentandel (P_i) av stasjonens totale individantall på den av de to stasjonene der P_i er minst.

$$PS = \sum_{i=1}^S \min(P_{ai}, P_{bi}) \quad (\text{Renkonen 1938})$$

Ved total likhet er indeksen lik 100. Ved total ulikhet er den lik 0.

Ved beregningen av indeksen er det bare tatt hensyn til de 21 vanligste artene i materialet. Vanlig er her definert som arter som hadde minst 10 individer på minst en av stasjonene (tabell 1, s. 9). Dette er gjort dels for å forenkle beregningene, dels fordi sjeldnere arters forekomst i prøvene i stor grad kan skyldes tilfeldigheter og derfor har mindre utsagns-

Tabell 4. Artsliste

RANAFJORDEN JANUAR - 81 - ARTSLISTE	St.	1				2				3				4				5			
	Gr.	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	2	3	4	1	2	3	4	
ANTHOZOA:																					
Edwardsia andresi Danielssen		97			28	1	5	1		1					1	5	1	1			
Paraedwardsia arenaria Carlgren																					
Paraedwardsia sarsi (Düben & Koren)																					
NEMERTINI:																					
Nemertini indet		1		2	1														1		
POLYCHAETA:																					
Paramphinome jeffreysi (McIntosh)		5		2				1							2	2		1	1		
Polynoidea indet																				1	
Pholoe minuta (Fabricius) s.l.		6			2										1					1	
Leanira tetragona (Ørsted)			1							1					2			1			
Eteone sp.		1		3	2																
Synelmis klatti (Friedrich)								1													
Typosyllis cornuta (Rathke)																					
Syllidae indet															2						
Ceratocephale loveni Malmgren															3	2				1	
Nephtys paradoxa Malm															1						
Nephtys ciliata (Müller)					1																
Goniada sp.																					
Lumbrineris sp.		5			8									4	4	8		1	3	5	
Scoloplos armiger (Müller)		40		1	9												2	4	8	4	
Phylo norvegica (Sars)																					
Paraonis gracilis (Tauber)		10		4	3			1	1	1											
Polydora sp.																					
Prionospio cirrifera sensu Hartmann-Schröder		55		2	13				1					3	2	30	4	1	13	3	
Spiophanes kroeyeri Grube																					
Chaetozone setosa Malmgren		114	42	84	75	3	3	9	14	24	2	6		1	4		1	1			
Cossura longocirrata Webster & Benedict		91			12				1											1	
Pseudoscalibregma parvum (Hansen)																					
Polyphysia crassa (Ørsted)					1									1	1		2	1			
Capitella capitata (Fabricius)										2											
Heteromastus filiformis (Claparede)		119		17	34	1		5							2					1	
Maldane sarsi Malmgren																					
Asychis biceps (Sars)																					
Maldanidae indet (små ind.)														3	3					1	
Maldanidae indet (fragment av stort ind.)																					
Owenia fusiformis Delle Chiaje		2												1							
Myriochele sp.		17			6	2	1	1	1					9	28	18	8	13	6	5	
Pectinaria koreni Malmgren															2						
Melinna cristata (Sars)																					
Pista cristata (Müller)																				1	
Terebellides stroemi Sars																					
Terebellomorpha indet (fragment)																					
Terebellomorpha indet (lite ind.)																					
Euchone papillosa (M.Sars)																					
Euchone sp.		13			5																
SIPUNCULOIDEA:																					
Phascolosoma sp.																	1		3		

CRUSTACEA:																				
Hemimysis abyssicola G.O.Sars																				
Eudorella emarginata (Kroyer)																				
Diastylis rathkei (Kroyer)																				
Lysianassidae indet																				
Ampelisca sp.																				
Haploops tubicola Liljeborg																				
Stegocephalus inflatus Kroyer		1												1						
Eriopisa elongata (Bruzellius)																				
Paroediceros propinquus Sars		2																		1
Paraphoxus oculatus Sars																				
Harpinia sp.																				
MOLLUSCA:																				
Scutopus ventrolineatus Salvini-Plawen																				1
Chaetoderma nitidulum Loven																				
Lunatia pallida (Broderip & Sowerby)																				
Yoldiella lenticula sensu G.O.Sars				1																
Yoldiella fraterna Verrill & Bush																				
Yoldiella sp. (fragment)															2		1	1	3	
Mytilus edulis L. (juv.)																				
Palliolium vitreum (Gmelin)																				
Cuspidaria obesa (Loven)																				
Thyasira sarsi (Philippi)																				
Thyasira equalis (Verrill & Bush)		42	36	8				25		4	1				1				1	
Thyasira ferruginea (Forbes)				1	1					1				14	28	20	14	12	26	33
Kelliella miliaris (Philippi)															2	2		1	4	1
Macoma calcarea (Gmelin)																				
Mya sp. (juv.)					2															
ECHINODERMA																				
Ctenodiscus crispatus (Bruzellius)(ad.)																				
Ctenodiscus crispatus (Bruzellius)(juv.)																				
Ophiura affinis Lütken																				
Ophiura sp. (juv.)																				
Brisaster fragilis (Düben & Koren)																				
Brissopsis lyrifera (Forbes)																				
Echinoidea indet. (fragmenter)																				3

Tabell 4. forts.

RANAFJORDEN JANUAR - 81 - ARTSLISTE	St.	6				7				8				9				10			
	Gr.	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ANTHOZOA:																					
Edwardsia andresi Danielssen		21	1	3	6				13	5	8	5				3	1	3	1		
Paraedwardsia arenaria Carlgren										13	18	39						2	1		
Paraedwardsia sarsi (Düben & Koren)																					
NEMERTINI:																					
Nemertini indet																2				1	
POLYCHAETA:																					
Paramphinome jeffreysi (McIntosh)		13	4		35			4		2	9	33	13			2	5	1	4		
Polynoidae indet																1					
Pholoe minuta (Fabricius) s.l.					2								1								
Leanira tetragona (Ørsted)		10	1	1	6					8	10	9	9	1						2	
Eteone sp.												4	4								
Synelemis klatti (Friedrich)								1													
Typosyllis cornuta (Rathke)													4								
Syllidae indet					3																
Ceratocephale loveni Malmgren																1					
Nephtys paradoxa Malm					1					1											
Nephtys ciliata (Müller)																1					
Goniada sp.										1											
Lumbrineris sp.												2		1		4	3				
Scoloplos armiger (Müller)														3	2	3	4				
Phylo norvegica (Sars)																					
Paraonis gracilis (Tauber)		1																			
Polydora sp.																					
Prionospio cirrifera sensu Hartmann-Schröder		1			2			3				6	3				13	3			
Spiophanes kroyeri Grube																					
Chaetozone setosa Malmgren		143	8	8	133	1		3		127	136	115	147	5	1	10	9	8	1	1	
Cossura longocirrata Webster & Benedict		8		2	111							4	35	5			1				
Pseudoscalibregma parvum (Hansen)																					
Polyphysia crassa (Ørsted)																1	1	34	5	1	
Capitella capitata (Fabricius)																					
Heteromastus filiformis (Claparede)		2			5	1		2		1	1	5	3			1	2				
Maldane sarsi Malmgren																					
Asychis biceps (Sars)																					
Maldanidae indet (små ind.)																				2	
Maldanidae indet (fragment av stort ind.)																					
Owenia fusiformis Delle Chiaje																					
Myriochele sp.		1		1	1					1		1		3	5	7	17				
Pectinaria koreni Malmgren																					
Melinna cristata (Sars)																					
Pista cristata (Müller)																					
Terebellides stroemi Sars																					
Terebellomorpha indet (fragment)																					
Terebellomorpha indet (lite ind.)																					
Euchone papillosa (M.Sars)													6								
Euchone sp.		1								1											
SIPUNCULOIDEA:																					
Phascolosoma sp.																2					
CRUSTACEA:																					
Hemimysis abyssicola G.O.Sars																					
Eudorella emarginata (Kroyer)																					
Diastylis rathkei (Kroyer)																					
Lysianassidae indet																				1	
Ampelisca sp.																					
Haploops tubicola Liljeborg																					
Stegocephalus inflatus Kroyer																					
Eriopisa elongata (Bruzellius)																				2	1
Paroediceros propinquus Sars																					
Paraphoxus oculatus Sars																					
Harpinia sp.																					
MOLLUSCA:																					
Scutopus ventrolineatus Salvini-Plawen																		1			
Chaetoderma nitidulum Loven																				1	
Lunatia pallida (Broderip & Sowerby)																					
Yoldiella lenticula sensu G.O.Sars																1	2				1
Yoldiella fraterna Verrill & Bush																					
Yoldiella sp. (fragment)																					
Mytilus edulis L. (juv.)																					
Pallium vitreum (Gmelin)													1	3							
Cuspidaria obesa (Loven)																					
Thyasira sarsi (Philippi)		19	1	1	26			3		12	23	56	62	1			1				
Thyasira equalis (Verrill & Bush)		129	6	8	548			117		119	406	452	407	3	6	27	24	7	9		28
Thyasira ferruginea (Forbes)					1																
Kellieella miliaris (Philippi)																					
Macoma calcarea (Gmelin)				1	1			2				1	3	1							1
Mya sp. (juv.)																					
ECHINODERMA																					
Ctenodiscus crispatus (Bruzellius)(ad.)																		2	1		
Ctenodiscus crispatus (Bruzellius)(juv.)																					
Ophiura affinis Lütken																					
Ophiura sp. (juv.)																					
Brisaster fragilis (Düben & Koren)																					
Brissopsis lyrifera (Forbes)														1			1				
Echinoidea indet. (fragmenter)										1											

Flere av individene av *Thyasira equalis* fra stasjon 7 var deformert i skallet.

kraft. Før beregningen av indeksene er verdiene for individantall transformert etter formelen $y_i = \ln(x_i + 1)$, hvor x_i er det opprinnelige, y_i det transformerte individantallet av art i . Denne log-transformeringen er gjort for å dempe utslagene av mer eller mindre tilfeldig høye individantall.

Likhetsindeksene for samtlige stasjonspar er sortert i et trellisdiagram, slik at stasjoner med høy innbyrdes likhet framtrer i grupper (figur 2, s. 8).

Diversitet

Høy diversitet betyr omtrent det samme som stor variasjon eller mangfold, og henger bl.a. sammen med gunstige miljøforhold og en ikke for stor tilgang på næring. Næringsbelastning fører til at opportunistiske arter øker sine individantall og blir dominerende i samfunnet. Fysiske stressfaktorer kan ha en lignende virkning. Resultatet er at diversiteten blir lavere.

Det fins flere forskjellige måter å uttrykke diversitet på. De som er mest brukt ved bunnfaunaundersøkelser er Shannon-Weaver's diversitetsindeks (H) (Shannon & Weaver, 1963) og Sanders: "rarefaction"-metode (Sanders 1968), korrigert av Hurlbert (1971) (S_n).

$$H = - \sum \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

$$S_n = \sum_i \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

n_i = individantall av i -te art

N = det samlede individantall i prøven

n = det samlede individantall i en prøve $\frac{n}{N}$ så stor som hovedprøven

S_n = det forventede antall arter i en delprøve på n individer fra en prøve som inneholder N individer, S arter og N_i individer av i -te art.

S_n kan beregnes for alle prøvestørrelser hvor $n < N$. Diversiteten vil da framstå som en kurve. Kurven beskriver artsantallet som funksjon av individantallet.

Forholdet mellom artsantall og individantall er ikke konstant, men synker når individantallet (prøvestørrelsen) øker. Hvis diversiteten i prøver med ulike totalindividantall skal kunne sammenlignes, må individantallene reduseres til felles størrelse i prøvene, og vi må da også regne ut hvordan artsantallet forandres når individantallet reduseres.

For å få ett enkelt tall for diversiteten, kan prøvenes individantall reduseres til en felles størrelse, f.eks. 100. Diversiteten uttrykt som antall arter pr. 100 individer er vist i tabell 5. Diversiteten relativt til andre prøver kan imidlertid forandre seg med individantallet (prøvestørrelsen). I prøven fra stasjon 1, for eksempel, sank diversiteten med økende individantall relativt til de fleste andre prøver (figur 6, s. 31).

Materiale fra en rekke fjordområder i Norge har vist at diversiteten uttrykt som antall arter pr. 100 individer vanligvis ligger på 20-30 på lokaliteter uten betydelig forurensningsbelastning eller andre spesielle forhold. Færre enn 10 arter pr. 100 individer tyder på dårlige forhold. Mellom 10 og 20 arter pr. 100 individer er også en forholdsvis lav diversitet, og er vanlig å finne på f.eks. organisk belastete lokaliteter. Flere enn 30 arter pr. 100 individer er en uvanlig høy diversitet. Ovenstående gjelder prøvetaking med Petersen grabb og bearbeidet etter frasiling med porestørrelse 1 mm.

Bløtbunnfaunaens diversitet på stasjonene i Nordrana og i noen andre fjordområder er vist på figurene 6-9. For sammenligningens skyld er diversitetskurver som er representative for normale (H20) og forurensete (SA2) områder lagt inn på figurene som stiplede kurver (se teksten til figur 3, s. 12).

Verdiene for de to diversitetsindeksene $S_n = 100$ og H er vist i tabell 5, sammen med artsantall og individantall som prøvene inneholdt.

Log-normalfordeling av individantall blant artene

I stabile og artsrike organismsamfunn observeres som regel en tilnærmet log-normalfordeling av artenes individantall. Ved forstyrrelser av samfunnet kan opportunistiske arter øke sin individmengde, mens andre arter reduseres eller slås ut. Resultatet kan bli avvik fra den log-normale for-

Tabell 5. Artsantall, individantall og diversitet på stasjonene i Nordrana.

	S t a s j o n														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Totalt indi- vidantall	1028	78	43	219	204	1276	150	2345	187	120	412	592	99	659	207
Antall arter	24	10	7	24	25	17	10	23	21	15	29	26	12	29	33
Antall arter pr. 100 ind. ($S_n=100$)	13,4	11,0*	10,7*	17,7	17,7	8,4	9,0	9,3	17,1	14,0	18,1	12,7	12,0	14,3	23,6
Shannon- Wiener (H)	3,13	2,37	1,39	3,14	3,01	2,03	1,35	1,94	3,21	2,56	3,21	2,39	1,68	3,13	3,69

* Anslått ved ekstrapolering av diversitetskurvene

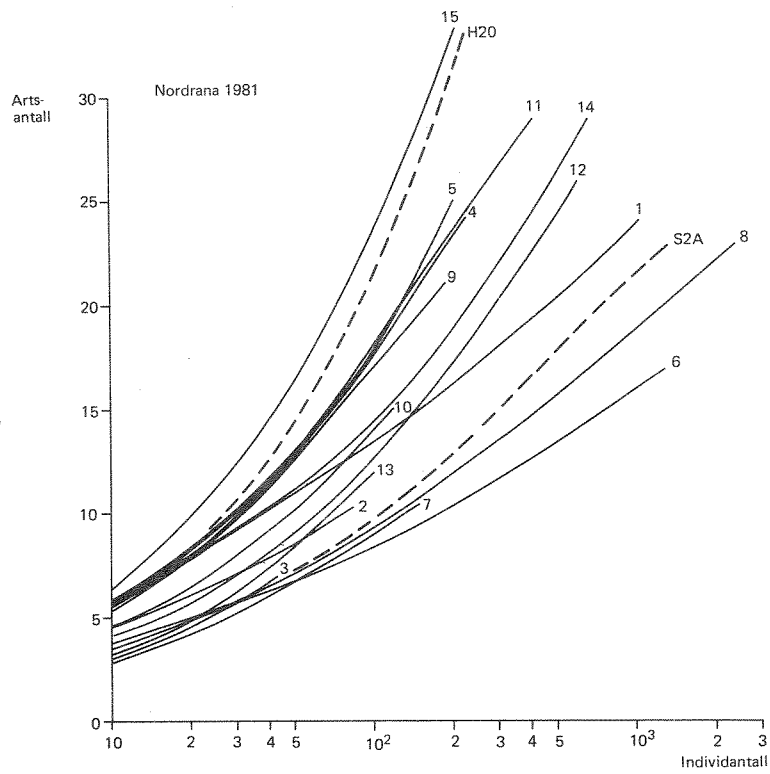


Fig. 6. Diversitetskurver for stasjoner i Nordrana.

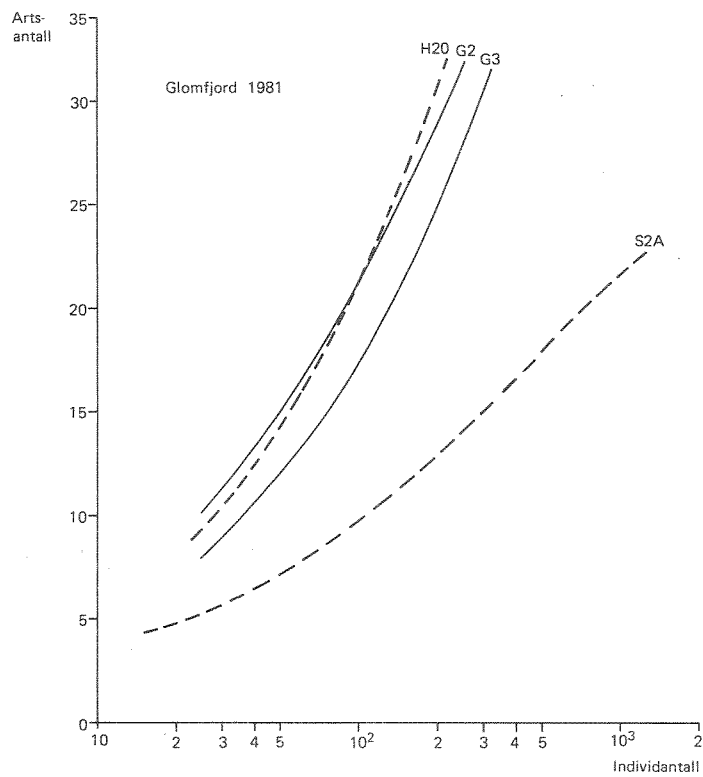


Fig. 7. Diversitetskurver for stasjoner i Glomfjord.

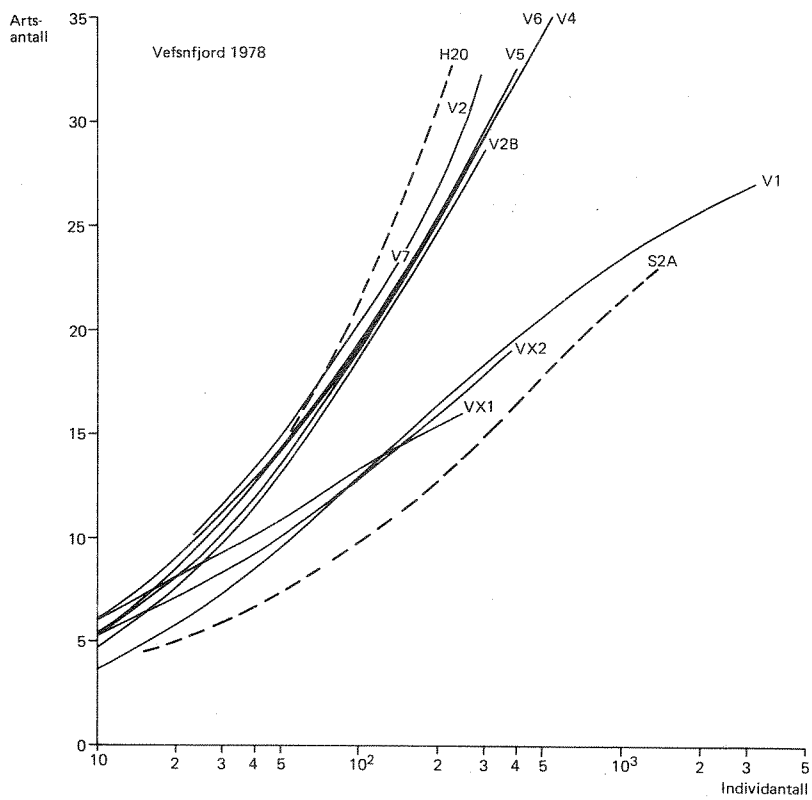


Fig. 8. Diversitetskurver for stasjoner i Vefsnfjorden. VX1, VX2 og V1 er stasjoner innerst i Vefsnfjorden.

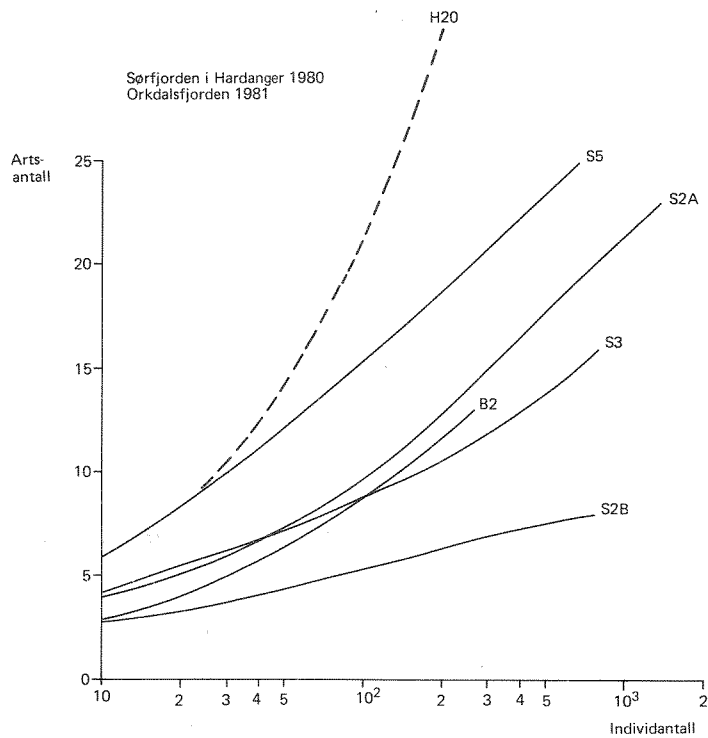


Fig. 9. Diversitetskurver for stasjoner i Sørfjorden i Hardanger (S2-S5) og Orkdalsfjorden (B2).

deling (Gray & Mirza 1979). Dette kan enkelt oppdages ved plotting på normalfordelingspapir av den kumulative prosent av antall arter (ordnet etter stigende individantall) mot logaritmen (eller geometrisk klasse) av individantall pr. art. Hvis fordelingen ikke er log-normal, vil plottingen avvike fra en rett linje. Gray og Mirza påviste avvik i flere forurensete områder, og foreslo å benytte metoden til å registrere biologiske forandringer forårsaket av forurensninger.

Under sterkere forurensningspåvirkning viser dataene en tilbakevending til log-normalfordeling, men med en slakkere stigning på kurven.

Forenklet kan dette forklares slik:

I overgangssonen mellom forurensete og ikke forurensete områder opptrer en blanding av forurensningstypiske samfunn og normale samfunn. Hvert av dem kan ha en log-normalfordeling av individantall blant artene. Hvis disse to fordelingene avviker så mye fra hverandre at de samlet ikke framtrer som én log-normalfordeling, kommer det til syne som avvik fra én rett linje ved plotting av dataene på normalfordelingspapir.

For de fleste av stasjonene var prøvestørrelsen i knappeste laget for denne type statistisk behandling. Ved lave arts- og individantall kan det opptre avvik fra den log-normale fordeling som ikke er signifikante. Tolkningen må da i en viss grad bli skjønsmessig. Prøvene fra stasjonene 2, 3 og 7 var så små at det ikke syntes hensiktsmessig å ta med resultatene i denne statistiske behandlingen.

Resultatet av de log-normale plottingene er vist på figurene 10-12. Den øverste kurven viser kumulativ prosent av antall arter plottet på normalfordelingspapir. Den nederste kurven viser frekvensfordelingen av antall arter på geometriske klasser av individantall.

Et eksempel på omregning av data for log-normal plotting er vist i tabell 6.

Tabell 6. Omregning av data for log-normal plotting (eksempel, stasjon 8).

Antall individer pr. art		Antall arter	Prosent av artene	Kumulativ prosent
Aritmetisk klasse	Geometrisk klasse			
1	I	5	22	22
2	II	2	9	31
3-4	III	3	13	44
5-8	IV	3	13	57
9-16	V	2	9	66
17-32	VI	1	4	70
33-64	VII	3	13	83
65-128	VIII	1	4	87
129-256	IX	1	4	91
257-512	X	0	0	91
512-1024	XI	1	4	96
1025-2948	XII	1	4	100

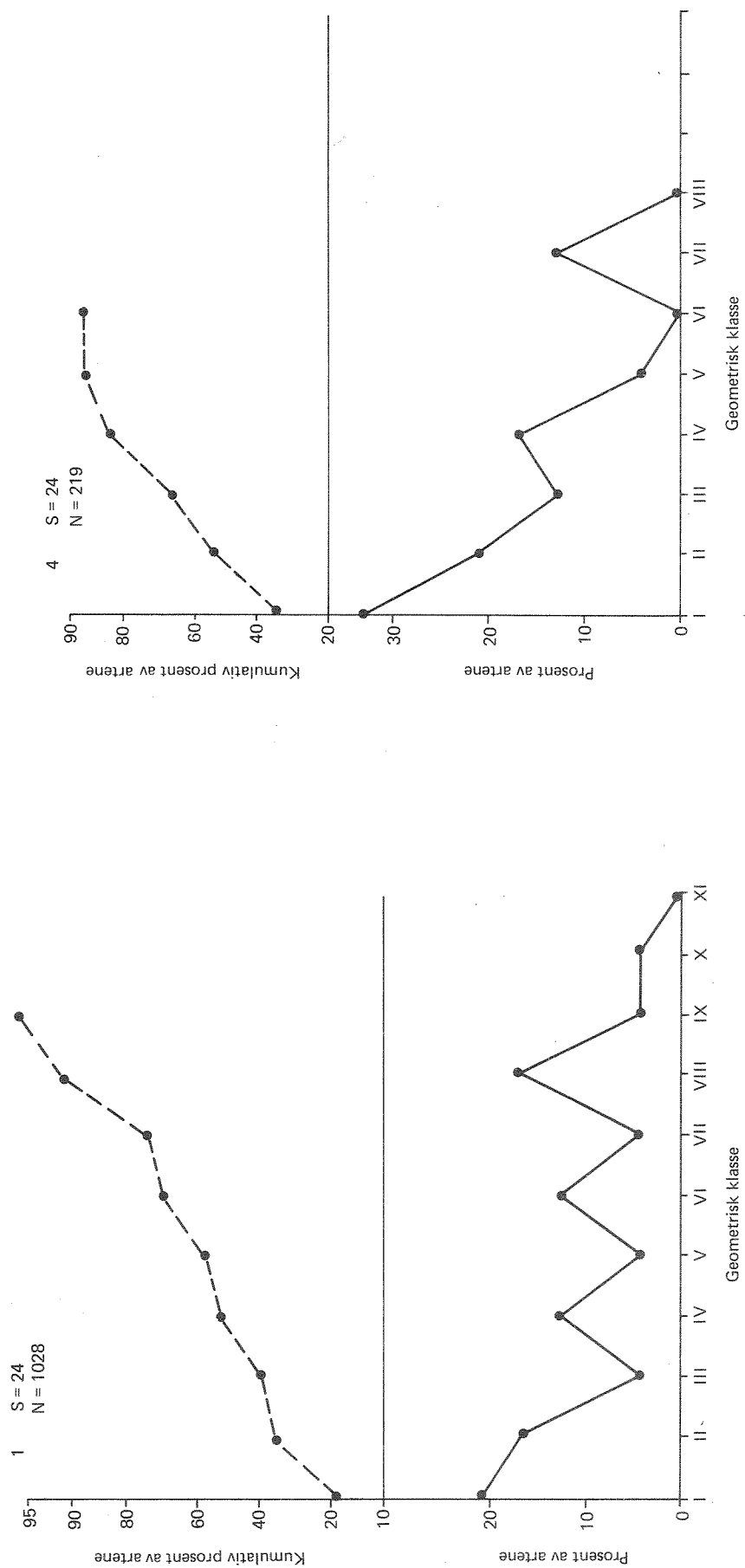


Fig. 10. Log-normale plottinger av antall individer pr. art på stasjonene 1 og 4.

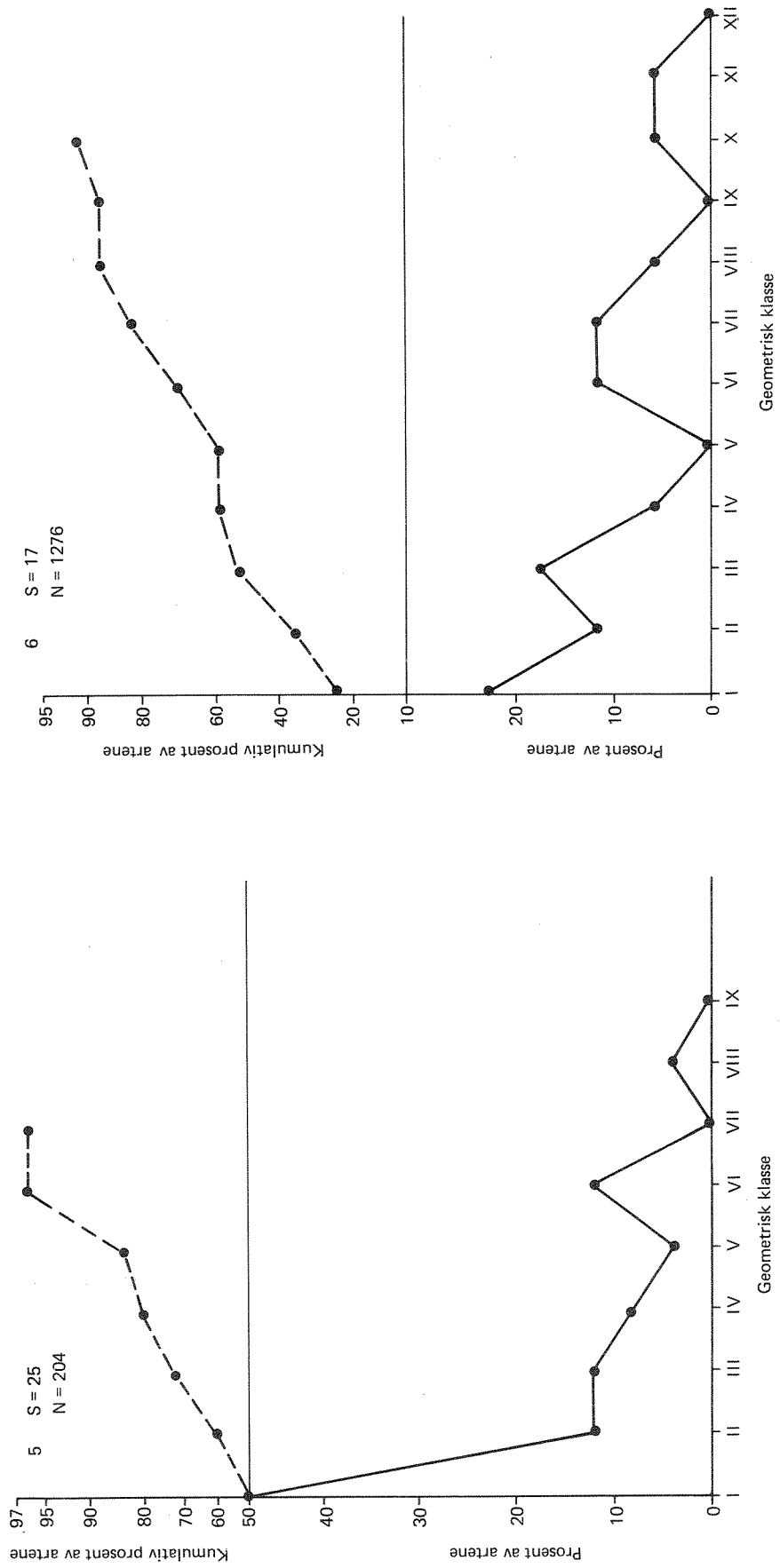


Fig. 11. Log-normale plottinger av antall individer pr. art på stasjonene 5 og 6.

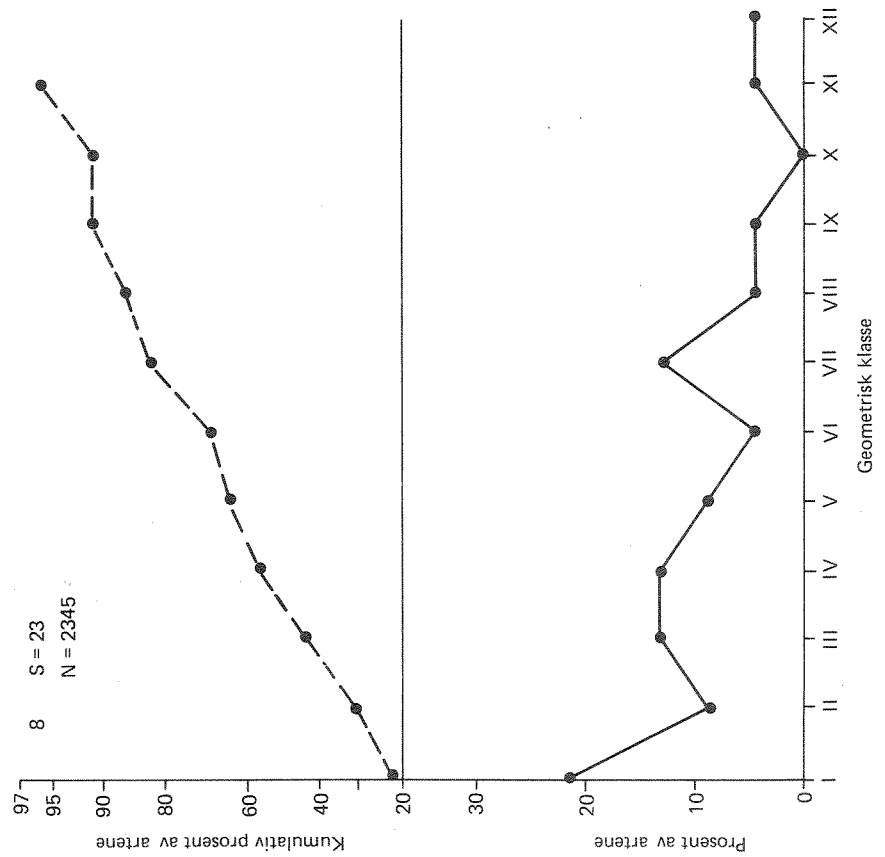
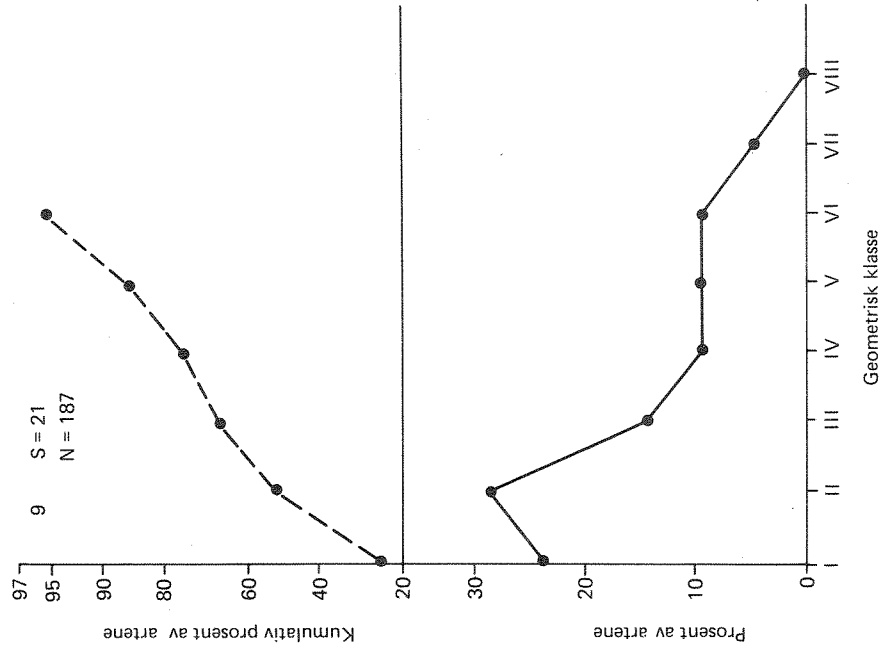


Fig. 12. Log-normale plottinger av antall individer pr. art på stasjonene 8 og 9.

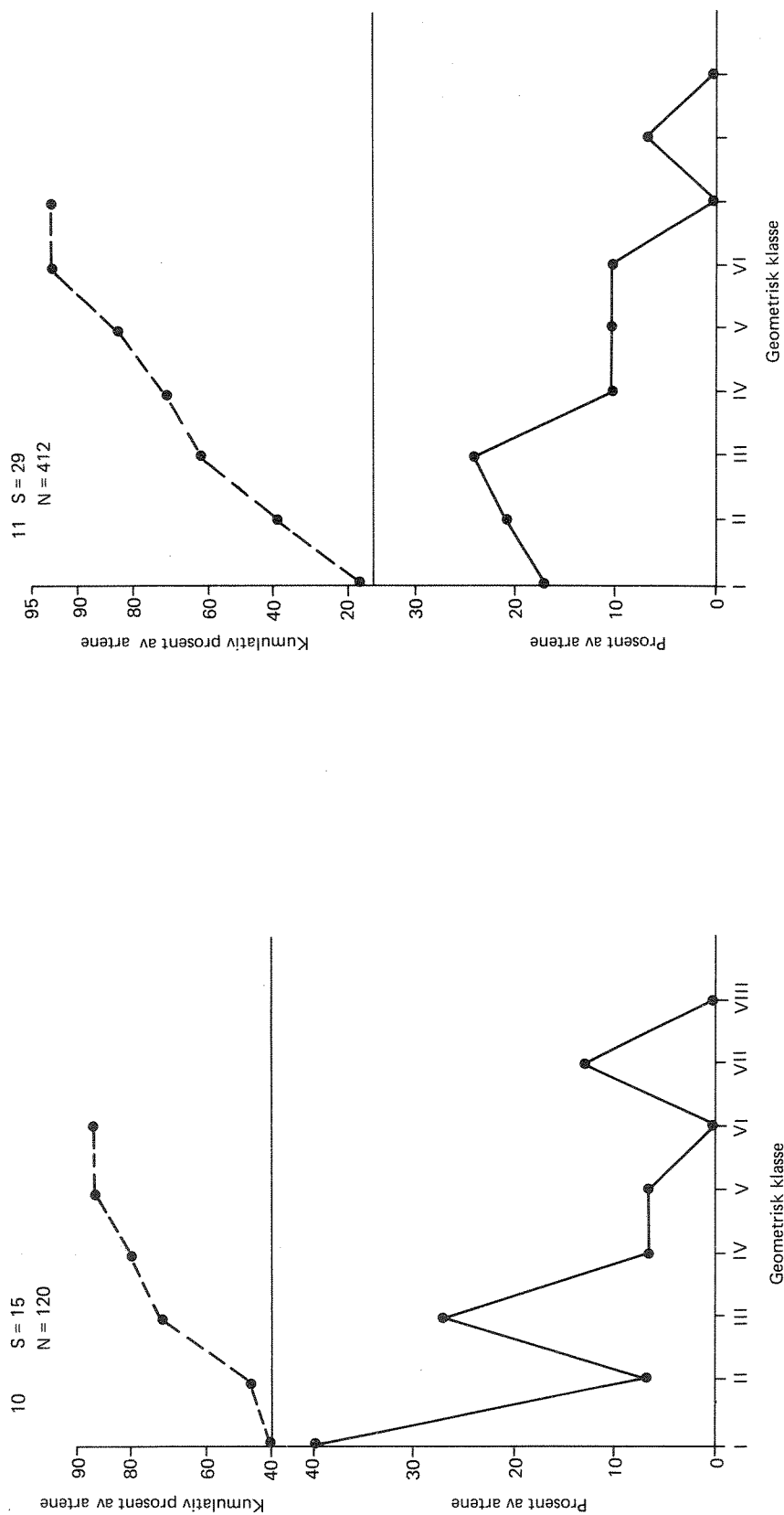


Fig. 13. Log-normale plottinger av antall individer pr. art på stasjonene 10 og 11.

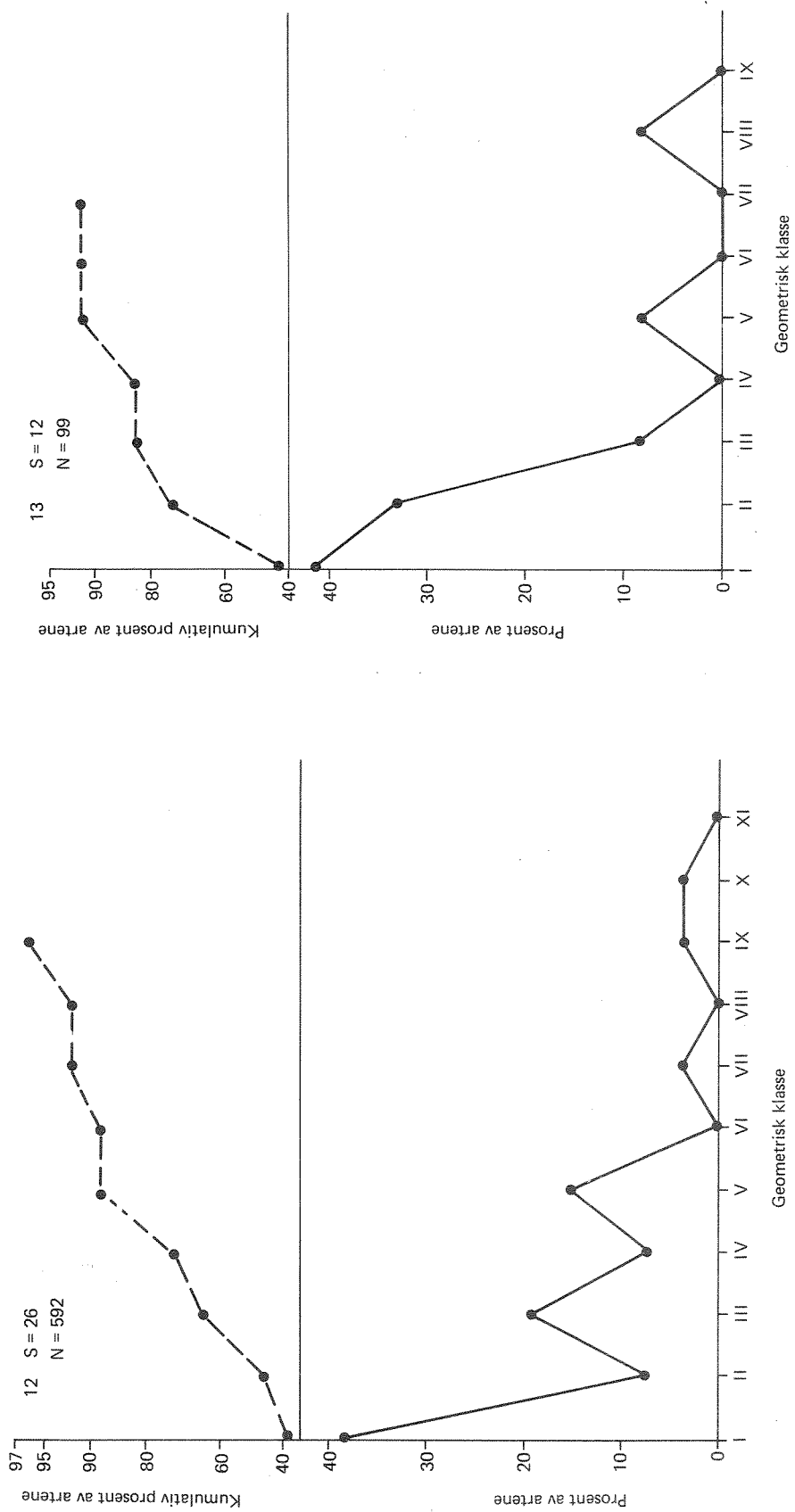


Fig. 14. Log-normale plottinger av antall individer pr. art på stasjonene 12 og 13.

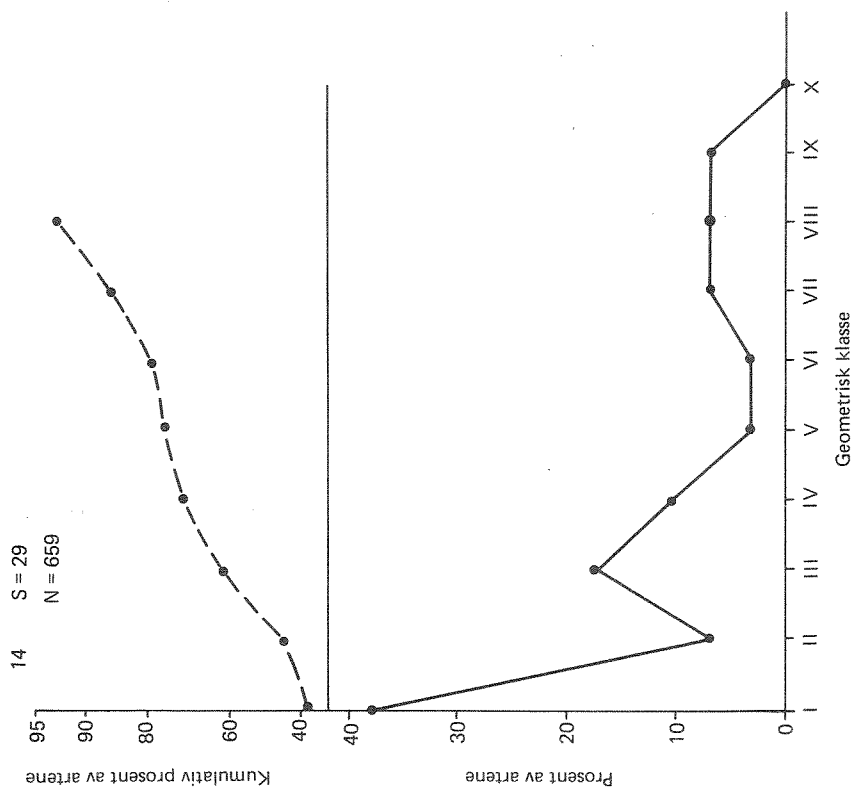
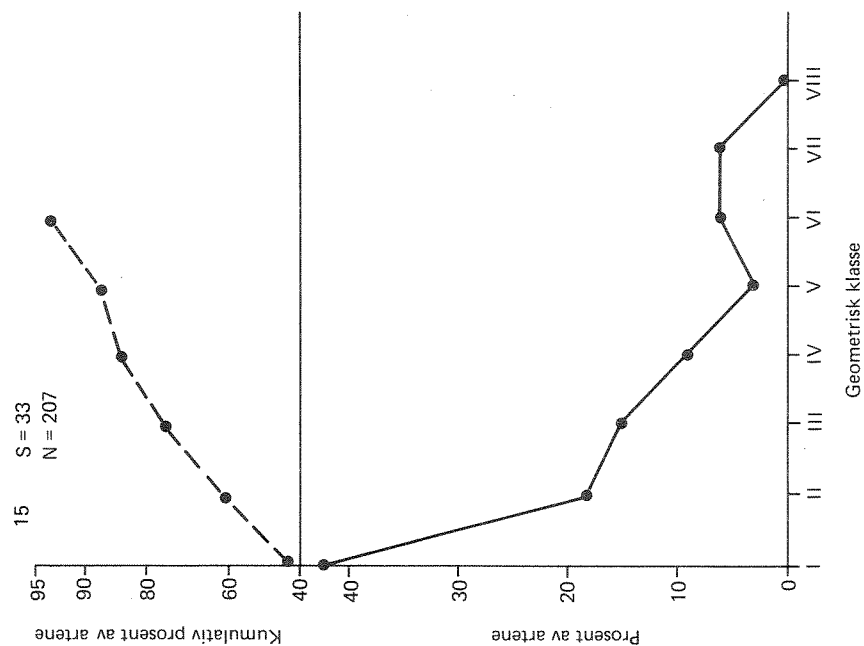


Fig. 15. Log-normale plottinger av antall individer pr. art på stasjonene 14 og 15.



Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter blir publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1,
tlf. 02 - 22 98 10.